

2018 年天津市高考化学试卷解析版

参考答案与试题解析

一、选择题（共 6 小题，每小题 6 分，共 36 分。每题只有一个正确选项）

1.（6 分）以下是中华民族为人类文明进步做出巨大贡献的几个事例，运用化学知识对其进行的分析不合理的是（ ）

- A. 四千余年前用谷物酿造出酒和酯，酿造过程中只发生水解反应
- B. 商代后期铸造出工艺精湛的后（司）母戊鼎，该鼎属于铜合金制品
- C. 汉代烧制出“明如镜、声如磬”的瓷器，其主要原料为黏土
- D. 屠呦呦用乙醚从青蒿中提取出对治疗疟疾有特效的青蒿素，该过程包括萃取操作

【考点】 G5：生活中常见合金的组成； I7：消去反应与水解反应； P4：分液和萃取。

【分析】 A. 酿造过程中淀粉水解生成葡萄糖，葡萄糖分解生成乙醇；

B. 后（司）母戊鼎的主要成分为 Cu；

C. 瓷器由黏土烧制而成；

D. 用乙醚从青蒿中提取出对治疗疟疾有特效的青蒿素，与有机物易溶于有机物有关。

【解答】解：A. 酿造过程中淀粉水解生成葡萄糖，葡萄糖分解生成乙醇，而葡萄糖不能发生水解反应，故 A 错误；

B. 后（司）母戊鼎的主要成分为 Cu，属于铜合金制品，故 B 正确；

C. 瓷器由黏土烧制而成，瓷器的主要原料为黏土，故 C 正确；

D. 用乙醚从青蒿中提取出对治疗疟疾有特效的青蒿素，与有机物易溶于有机物有关，该过程为萃取操作，故 D 正确；

故选：A。

【点评】 本题考查物质的性质及用途，为高频考点，把握物质的性质、物质的组成、混合物分离提纯为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意元素化合物知识的应用，题目难度不大。

2.（6 分）下列有关物质性质的比较，结论正确的是（ ）

A. 溶解度： $\text{Na}_2\text{CO}_3 < \text{NaHCO}_3$

B. 热稳定性： $\text{HCl} < \text{PH}_3$

C. 沸点： $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH} < \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

D. 碱性： $\text{LiOH} < \text{Be}(\text{OH})_2$

【考点】 78：元素周期律和元素周期表的综合应用。

【分析】 A. 需要在同一温度下比较溶解度的大小；

- B. 元素的非金属性越强，其氢化物越稳定，氯的非金属性比磷强；
- C. C_2H_5SH 与 C_2H_5OH 分子结构相同，相对分子质量越大，分子间作用力越强，沸点越高，但 C_2H_5OH 分子间存在氢键；
- D. 金属性越强，其最高价氧化物对应水化物的碱性越强，比较 Li、Be 的金属性强弱即可判断 $LiOH$ 与 $Be(OH)_2$ 的碱性强弱。

【解答】解：A. 在相同温度下， Na_2CO_3 的溶解度大于 $NaHCO_3$ ，故 A 错误；

B. Cl 与 P 为同周期主族元素，核电荷数越大，非金属性越强，氯的非金属性比磷强，则 HCl 的热稳定性比 PH_3 强，故 B 错误；

C. C_2H_5OH 分子间存在氢键，其分子间作用力比 C_2H_5SH 大，则 C_2H_5OH 沸点比 C_2H_5SH 高，故 C 正确；

D. Li 与 Be 为同周期主族元素，核电荷数越大，金属性减弱，则 Li 比 Be 金属性强， $LiOH$ 的碱性比 $Be(OH)_2$ 的碱性强，故 D 错误；

故选：C。

【点评】 本题考查元素周期表和元素周期律知识，为高频考点，侧重于学生的分析能力的考查，注意相关基础知识的积累，难度不大。

3. (6分) 下列叙述正确的是 ()

- A. 某温度下，一元弱酸 HA 的 K_a 越小，则 NaA 的 K_b (水解常数) 越小
- B. 铁管镀锌层局部破损后，铁管仍不易生锈
- C. 反应活化能越高，该反应越易进行
- D. 不能用红外光谱区分 C_2H_5OH 和 CH_3OCH_3

【考点】 BK: 金属的电化学腐蚀与防护; DD: 盐类水解的应用.

【分析】 A. 根据弱酸电离常数和盐的水解常数的关系分析;

B. Zn 的活泼性强于 Fe, 组成原电池时 Zn 作为负极;

C. 反应活化能越高, 说明反应达到活化态络合物所需的能量越高, 存在较高的势能垒;

D. 红外光谱的研究对象是分子振动时伴随偶极矩变化的有机化合物及无机化合物, 几乎所有的有机物都有红外吸收。

【解答】解：A. 某温度下，一元弱酸 HA 的电离常数为 K_a ，则其盐 NaA 的水解常数

K_b 与 K_a 存在关系为： $K_b = \frac{K_w}{K_a}$ ，所以 K_a 越小， K_b 越大，故 A 错误；

B. Zn 的活泼性强于 Fe, 组成原电池时 Zn 作为负极, Fe 被保护, 所以铁管镀锌层局部

破损后，铁管仍不易生锈，故 B 正确；

C. 反应活化能越高，说明反应达到活化态络合物所需的能量越高，存在较高的势能垒，反应不易进行，故 C 错误；

D. 红外光谱的研究对象是分子振动时伴随偶极矩变化的有机化合物及无机化合物，几乎所有的有机物都有红外吸收， C_2H_5OH 存在醇羟基， $-OH$ 有自己的特征吸收区，可以与 CH_3OCH_3 区分，因此可以使用红外光谱区分 C_2H_5OH 和 CH_3OCH_3 ，故 D 错误，
故选：B。

【点评】 本题考查酸碱平衡，原电池，活化能及红外光谱区分有机物的相关知识，整体难度不大，重视化学原理的运用，是基础题。

4. (6分) 由下列实验及现象推出的相应结论正确的是 ()

	实验	现象	结论
A	某溶液中滴加 $K_3[Fe(CN)_6]$ 溶液	产生蓝色沉淀	原溶液中有 Fe^{2+} ，无 Fe^{3+}
B	向 C_6H_5ONa 溶液中通入 CO_2	溶液变浑浊	酸性： $H_2CO_3 > C_6H_5OH$
C	向含有 ZnS 和 Na_2S 的悬浊液中滴加 $CuSO_4$ 溶液	生成黑色沉淀	$K_{sp}(CuS) < K_{sp}(ZnS)$
D	① 某溶液中加入 $Ba(NO_3)_2$ 溶液 ② 再加足量盐酸	① 产生白色沉淀 ② 仍有白色沉淀	原溶液中有 SO_4^{2-}

A. A

B. B

C. C

D. D

【考点】 U5：化学实验方案的评价。

【分析】 A. $K_3[Fe(CN)_6]$ 与亚铁离子反应生成蓝色沉淀，不能检验铁离子；

B. C_6H_5ONa 溶液中通入 CO_2 ，发生强酸制弱酸的反应，生成苯酚；

C. 含 Na_2S ，不发生沉淀的转化；

D. 亚硫酸根离子与 $Ba(NO_3)_2$ 溶液反应也生成硫酸钡沉淀。

【解答】 解：A. $K_3[Fe(CN)_6]$ 与亚铁离子反应生成蓝色沉淀，不能检验铁离子，由现象可知原溶液中有 Fe^{2+} ，不能确定是否含 Fe^{3+} ，故 A 错误；

B. C_6H_5ONa 溶液中通入 CO_2 , 发生强酸制弱酸的反应, 生成苯酚, 则酸性: $H_2CO_3 > C_6H_5OH$, 故 B 正确;

C. 含 Na_2S , 不发生沉淀的转化, 则不能比较 $K_{sp}(CuS)$ 、 $K_{sp}(ZnS)$ 大小, 故 C 错误;

D. 亚硫酸根离子与 $Ba(NO_3)_2$ 溶液反应也生成硫酸钡沉淀, 则原溶液中可能有 SO_3^{2-} , 或 SO_4^{2-} , 或二者均存在, 故 D 错误;

故选: B。

【点评】 本题考查化学实验方案的评价, 为高频考点, 把握离子检验、酸性比较、 K_{sp} 比较为解答的关键, 侧重分析与实验能力的考查, 注意实验的评价性分析, 题目难度不大。

5. (6分) 室温下, 向圆底烧瓶中加入 1 mol C_2H_5OH 和含 1 mol HBr 的氢溴酸, 溶液中发生反应: $C_2H_5OH + HBr \rightleftharpoons C_2H_5Br + H_2O$, 充分反应后达到平衡。已知常压下, C_2H_5Br 和 C_2H_5OH 的沸点分别为 $38.4^\circ C$ 和 $78.5^\circ C$ 。下列叙述错误的是 ()

A. 加入 $NaOH$, 可增大乙醇的物质的量

B. 增大 HBr 浓度, 有利于生成 C_2H_5Br

C. 若反应物均增大至 2 mol, 则两种反应物平衡转化率之比不变

D. 若起始温度提高至 $60^\circ C$, 可缩短反应达到平衡的时间

【考点】 CB: 化学平衡的影响因素。

【专题】 51E: 化学平衡专题。

【分析】 A. 加入 $NaOH$, $NaOH$ 和 HBr 发生导致平衡逆向移动;

B. 增大 HBr 浓度, 平衡正向移动;

C. 若反应物均增大至 2 mol, 在原来平衡基础上向正向移动, 但是各种反应物开始浓度相同、消耗的浓度相同;

D. 升高温度, 增大乙醇挥发且溴乙烷生成变为气体, 导致溶液中乙醇、溴乙烷浓度降低, 反应速率减慢。

【解答】 解: A. 加入 $NaOH$, $NaOH$ 和 HBr 发生而消耗 HBr , 导致平衡逆向移动, 所以乙醇的物质的量增大, 故 A 正确;

B. 增大 HBr 浓度, 平衡正向移动, 溴乙烷产率增大, 所以有利于生成 C_2H_5Br , 故 B 正确;

C. 若反应物均增大至 2 mol, 在原来平衡基础上向正向移动, 反应物转化率增大, 但是各种反应物开始浓度相同、消耗的浓度相同, 所以其转化率的比值不变, 故 C 正确;

D. 升高温度，增大乙醇挥发且溴乙烷生成变为气体，导致溶液中乙醇、溴乙烷浓度降低，反应速率减慢，到达平衡的时间增长，故 D 错误；

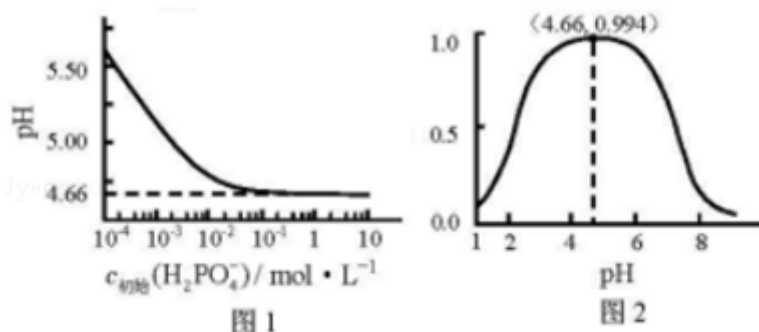
故选：D。

【点评】 本题考查化学平衡影响因素，明确浓度、温度对化学平衡影响原理是解本题关键，侧重考查学生对基础知识的理解和运用，易错选项是 C，反应物的转化率增大但其转化率的比值不变。

6. (6 分) LiH_2PO_4 是制备电池的重要原料。室温下， LiH_2PO_4 溶液的 pH 随 $c_{\text{初始}}(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ 的变化如图 1 所示， H_3PO_4 溶液中 H_2PO_4^- 的分布分数 δ 随 pH 的变化如图 2 所示[δ

$$= \frac{c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)}{c_{\text{总}}(\text{含 P 元素的粒子})}]$$

下列有关 LiH_2PO_4 溶液的叙述正确的是 ()



A. 溶液中存在 3 个平衡

B. 含 P 元素的粒子有 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 和 PO_4^{3-}

C. 随 $c_{\text{初始}}(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ 增大，溶液的 pH 明显变小

D. 用浓度大于 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 H_3PO_4 溶液溶解 Li_2CO_3 ，当 pH 达到 4.66 时， H_3PO_4 几乎全部转化为 LiH_2PO_4

【考点】 D5：弱电解质在水溶液中的电离平衡。

【分析】 由图 1 可知 LiH_2PO_4 溶液呈酸性，说明电离程度 H_2PO_4^- 大于水解程度，且随着 $c_{\text{初始}}(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ 增大，溶液 pH 逐渐减小，但浓度约大于 10^{-4}mol/L 时，pH 不再发生改变，由图 2 可知，随着溶液 pH 增大， $c(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ 增大，可说明 H_3PO_4 进一步电离，则溶液中存在 H_3PO_4 ，当 H_2PO_4^- 的 pH 约为 4.66 时，分数 δ 达到最大，继续加入碱，可与 H_2PO_4^- 反应生成 HPO_4^{2-} 等，以此解答该题。

【解答】 解：A. 溶液中存在 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 、 H_2O 的电离以及 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 和

PO_4^{3-} 的水解等平衡，故 A 错误；

B. 含 P 元素的粒子有 H_3PO_4 、 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} ，故 B 错误；

C. 由图 1 可知浓度约大于 10^{-4}mol/L 时，pH 不再发生改变，故 C 错误；

D. 用浓度大于 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 H_3PO_4 溶液溶解 Li_2CO_3 ，当 pH 达到 4.66 时，由图 2 可知 H_2PO_4^- 的分数 δ 达到最大，约为 0.994，则 H_3PO_4 几乎全部转化为 LiH_2PO_4 ，故 D 正确。

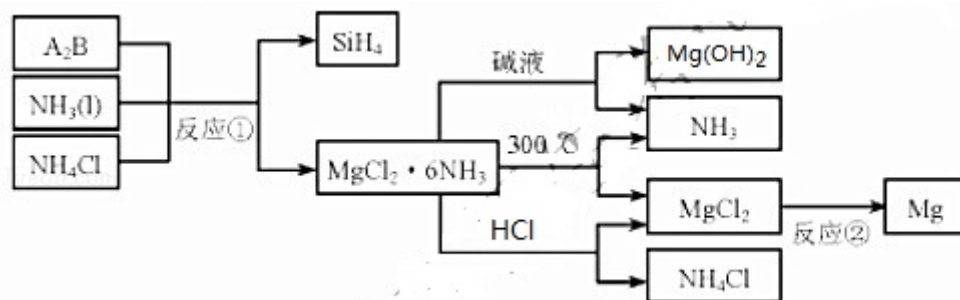
故选：D。

【点评】 本题考查弱电解质的电离，为高频考点，侧重考查学生的分析能力，注意把握弱电解质的电离特点以及图象曲线的变化趋势，难度不大。

二、非选择题 II 卷（60 分）

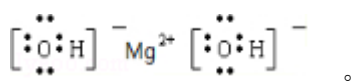
7.（14 分）图中反应①是制备 SiH_4 的一种方法，其副产物 $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{NH}_3$ 是优质的镁资源。

回答下列问题：



(1) $\text{MgCl}_2\cdot 6\text{NH}_3$ 所含元素的简单离子半径由小到大的顺序 (H^- 除外)： $\underline{\text{H}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{N}^{3-} < \text{Cl}^-}$ 。

Mg 在元素周期表中的位置： 第三周期 II A 族， $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的电子式：

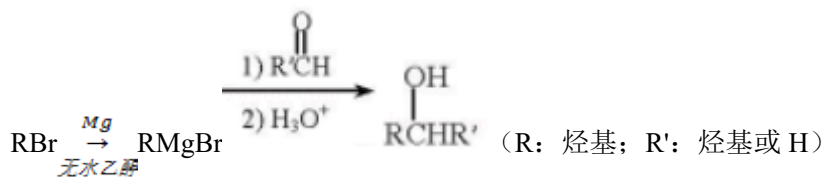


(2) A_2B 的化学式为 Mg_2Si ，反应②的必备条件是 熔融、电解。上图中可以循环使用的物质有 NH_3 、 NH_4Cl 。

(3) 在一定条件下，由 SiH_4 和 CH_4 反应生成 H_2 和一种固体耐磨材料 SiC （写化学式）。

(4) 为实现燃煤脱硫，向煤中加入浆状 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，使燃烧产生的 SO_2 转化为稳定的 Mg 化合物，写出该反应的化学方程式： $2\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 用 Mg 制成的格氏试剂 (RMgBr) 常用于有机合成，例如制备醇类化合物的合成路线如下：



依据上述信息，写出制备 $\begin{array}{c} \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \end{array}$ 所需醛的可能结构简式：CH₃CH₂CHO，CH₃CHO。

【考点】 U3：制备实验方案的设计。

【分析】 由反应①可知 A₂B 应为 Mg₂Si，与氨气、氯化铵反应生成 SiH₄ 和 MgCl₂·6NH₃，MgCl₂·6NH₃ 加入碱液，可生成 Mg(OH)₂，MgCl₂·6NH₃ 加热时不稳定，可分解生成氨气，同时生成氯化镁，电解熔融的氯化镁，可生成镁，用于工业冶炼，而 MgCl₂·6NH₃ 与盐酸反应，可生成氯化镁、氯化铵，其中氨气、氯化铵可用于反应①而循环使用，以此解答该题。

【解答】 解：(1) MgCl₂·6NH₃ 所含元素的简单离子分别为 H⁺、Mg²⁺、N³⁻、Cl⁻，离子核外电子层数越多，离子半径越大，具有相同核外电子排布的离子，核电荷数越大，离子半径越小，则简单离子半径由小到大的顺序为 H⁺ < Mg²⁺ < N³⁻ < Cl⁻，Mg 原子核外有 3 个电子层，最外层电子数为 2，位于周期表第三周期 II A 族，Mg(OH)₂ 为离子化合物，电子式为 $[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^- \text{Mg}^{2+} [\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^-$ ，

故答案为：H⁺ < Mg²⁺ < N³⁻ < Cl⁻；第三周期 II A 族； $[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^- \text{Mg}^{2+} [\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:H}]^-$ ；

(2) A₂B 的化学式为 Mg₂Si，镁为活泼金属，制备镁，反应应在熔融状态下进行电解，如在溶液中，则可生成氢氧化镁沉淀，由流程可知 MgCl₂·6NH₃ 分别加热、与盐酸反应，可生成氨气、氯化铵，可用于反应①而循环使用，

故答案为：Mg₂Si；熔融、电解；NH₃、NH₄Cl；

(3) 在一定条件下，由 SiH₄ 和 CH₄ 反应生成 H₂ 和一种固体耐磨材料，该耐磨材料为原子晶体，应为 SiC，原理是 SiH₄ 和 CH₄ 分解生成 Si、C 和氢气，Si、C 在高温下反应生成 SiC，

故答案为：SiC；

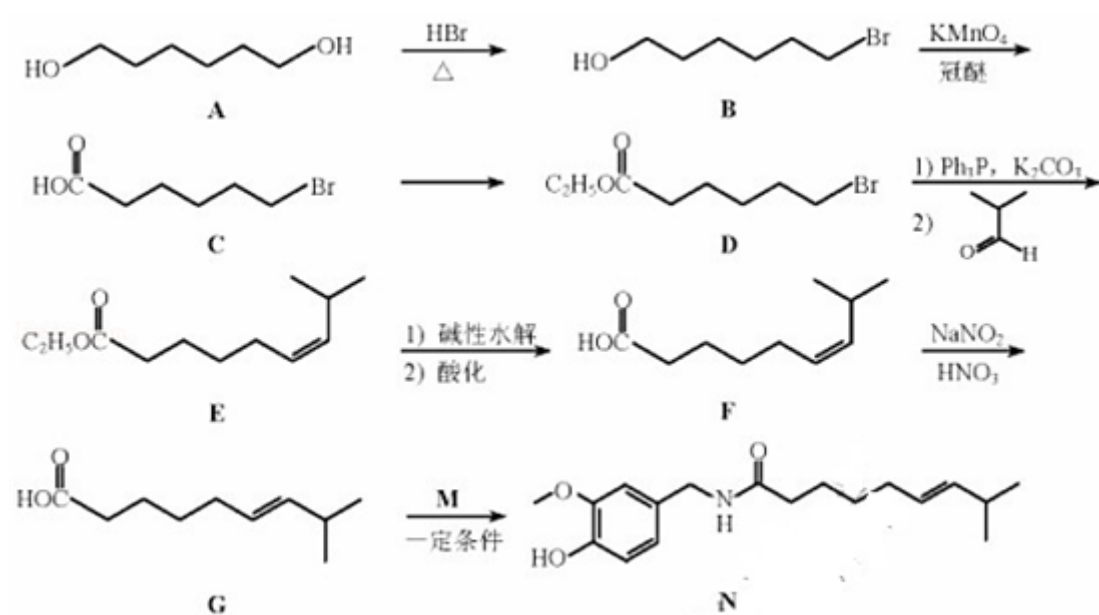
(4) 为实现燃煤脱硫，向煤中加入浆状 Mg(OH)₂，使燃烧产生的 SO₂ 转化为稳定的 Mg 化合物，应生成硫酸镁，则反应物还应有氧气，反应的化学方程式为 2Mg(OH)₂ + 2SO₂ + O₂ = 2MgSO₄ + 2H₂O，

故答案为： $2\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$;

(5) 由题给信息可知制备 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ ，可由 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}$ 与 CH_3CHO 生成，也可由 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ 和 CH_3MgBr 反应生成，故答案为： $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ ， CH_3CHO 。

【点评】本题为 2018 年高考天津理综试卷，以物质的制备流程为载体考查元素化合物知识，题目侧重考查学生的分析能力、实验能力以及元素化合物知识综合理解和运用，难度中等，注意把握题给信息以及物质的性质。

8. (18 分) 化合物 N 具有镇痛、消炎等药理作用，其合成路线如下：



(1) A 的系统命名为 1, 6-己二醇，E 中官能团的名称为 碳碳双键、酯基。

(2) A→B 的反应类型为 取代反应，从反应所得液态有机混合物中提纯 B 的常用方法为 蒸馏。

(3) C → D 的化学方程式为





(4) C 的同分异构体 W (不考虑手性异构) 可发生银镜反应：且 1mol W 最多与 2mol NaOH 发生反应，产物之一可被氧化成二元醛。满足上述条件的 W 有 5 种，若 W 的

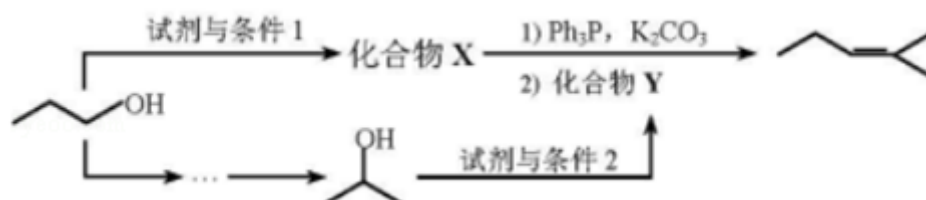
核磁共振氢谱具有四组峰，则其结构简式为 。


(5) F 与 G 的关系为 (填序号) c。

a. 碳链异构 b. 官能团异构 c. 顺反异构 d. 位置异构

(6) M 的结构简式为 。

(7) 参照上述合成路线，以  为原料，采用如下方法制备医药中间体 。

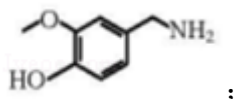






该路线中试剂与条件 1 为 HBr、加热，X 的结构简式为 ；

试剂与条件 2 为 O₂/Cu 或 Ag、加热，Y 的结构简式为 。

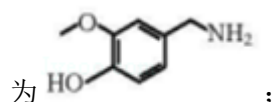
【考点】HC：有机物的合成。

【分析】A 和 HBr 发生取代反应生成 B，B 发生氧化反应生成 C，根据 CD 结构简式变化知，C 和 CH₃CH₂OH 发生酯化反应生成 D，D 发生取代反应生成 E，E 发生水解反应然后酸化得到 F，根据 GN 结构简式区别知，G 发生成肽反应生成 N，M 结构简式为



(7) 根据反应条件知， 生成 X、X 再和 Y 反应生成 ，则生成 X 的试剂和条件分别是 HBr、加热，X 为 ，则 Y 为 ，生成 Y 的试剂和条件为 O₂/Cu 或 Ag、加热。

【解答】解：A 和 HBr 发生取代反应生成 B，B 发生氧化反应生成 C，根据 CD 结构简式变化知，C 和 CH₃CH₂OH 发生酯化反应生成 D，D 发生取代反应生成 E，E 发生水解反应然后酸化得到 F，根据 GN 结构简式区别知，G 发生成肽反应生成 N，M 结构简式



(1) A 为二元醇，羟基分别位于 1、6 号碳原子上，A 的系统命名为 1, 6 - 己二醇，E 中官能团的名称为酯基和碳碳双键，

故答案为：1, 6 - 己二醇；酯基和碳碳双键；

(2) A→B 的反应类型为取代反应，A、B 互溶，要从反应所得液态有机混合物中提纯 B 的常用方法为蒸馏，

故答案为：取代反应；蒸馏；

(3) 该反应为羧酸和醇的酯化反应，C→D 的化学方程式为



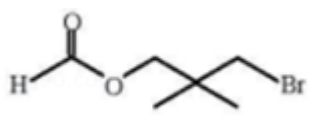
故 答 案 为 :



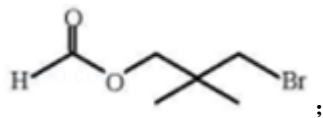
(4) C 的同分异构体 W (不考虑手性异构) 可发生银镜反应，说明含有醛基，且 1mol W 最多与 2mol NaOH 发生反应，产物之一可被氧化成二元醛，说明该物质中含有 HCOO- 基团，且溴原子连接边上的 C 原子；

其结构简式可能为 $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$ 、 $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Br}$ 、 $\text{HCOOCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$ 、 $\text{HCOOCH}_2\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{Br}$ 、 $\text{HCOOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Br}$ ，所以符合条件的有 5 种，

若 W 的核磁共振氢谱有四组峰，则其结构简式为



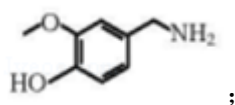
故答案为：5；






(5) F 与 G 的关系为顺反异构，故选 c；






故答案为：



(7) 根据反应条件知， 生成 X、X 再和 Y 反应生成 ，则生成

X 的试剂和条件分别是 HBr、加热，X 为 ，则 Y 为 ，生成 Y 的试剂和条件为 O₂/Cu 或 Ag、加热，通过以上分析知，该路线中试剂与条件 1 为 HBr、加热，X 的结构简式为 ；

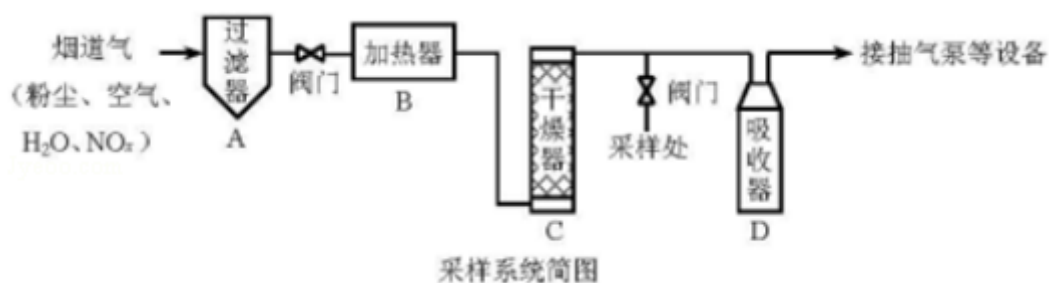
试剂与条件 2 为 O₂/Cu 或 Ag、加热，Y 的结构简式为 ，

故答案为：HBr、加热；；O₂/Cu 或 Ag、加热；。

故选：C。

【点评】 本题考查有机物推断和合成，侧重考查学生分析推断能力及知识迁移能力，根据反应前后物质结构变化确定反应类型，会根据合成路线判断（7）题反应条件及所需试剂，注意（4）题：只有连接醇羟基碳原子相邻碳原子上含有氢原子的醇才能被催化氧化生成醛，题目难度中等。

9. (18 分) 烟道气中的 NO₂ 是主要的大气污染物之一，为了监测其含量，选用图 1 所示采样和检测方法。回答下列问题：



I. 采样

采样步骤：

- ①检验系统气密性；②加热器将烟道气加热至 140℃；③打开抽气泵置换系统内空气；
- ④采集无尘、干燥的气样；⑤关闭系统，停止采样。

(1) A 中装有无碱玻璃棉，其作用为 除尘。

(2) C 中填充的干燥剂是 (填序号) c。

a. 碱石灰 b. 无水 CuSO₄ c. P₂O₅

(3) 用实验室常用仪器组装一套装置，其作用与 D (装有碱液) 相同，在虚线框中画出该装置的示意图、气体的流向及试剂。



(4) 采样步骤②加热烟道气的目的是防止 NO_x 溶于冷凝水。

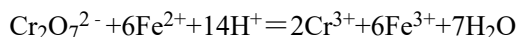
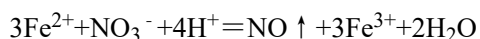
II. NO_x 含量的测定

将 v L 气体通入适量酸性的 H₂O₂ 溶液中, 使 NO_x 完全被氧化成 NO₃⁻, 加水稀释至 100.00 mL, 量取 20.00 mL 该溶液, 加入 v_1 mL c_1 mol·L⁻¹ FeSO₄ 标准溶液 (过量), 充分反应后, 用 c_2 mol·L⁻¹ K₂Cr₂O₇ 标准溶液滴定剩余的 Fe²⁺, 终点时消耗 v_2 mL。

(5) NO 被 H₂O₂ 氧化为 NO₃⁻ 的离子方程式为 2NO+3H₂O₂=2H⁺+2NO₃⁻+2H₂O。

(6) 滴定操作使用的玻璃仪器主要有锥形瓶、酸式滴定管。

(7) 滴定过程中发生下列反应:



则气样中 NO_x 折合成 NO₂ 的含量为 $\frac{23 \times (c_1 V_1 - 6c_2 V_2)}{3V} \times 10^4$ mg·m⁻³。

(8) 判断下列情况对 NO_x 含量测定结果的影响 (填“偏高”、“偏低”或“无影响”)

若缺少采样步骤③, 会使测定结果偏低。

若 FeSO₄ 标准溶液部分变质, 会使测定结果偏高。

【考点】 U2: 性质实验方案的设计。

【分析】 I. 采样

(1) 第一步过滤器 A 中装有无碱玻璃棉是为了除去粉尘;

(2) a. 碱石灰为碱性干燥剂, 不能干燥酸性气体;

b. 无水硫酸铜可用于检验是否含有水蒸气, 干燥能力不强;

c. 五氧化二磷是酸性干燥剂, 可以干燥酸性气体;

(3) D 装置为吸收装置, 用于吸收酸性气体, 因此可以用氢氧化钠溶液, 导气管应长进短出;

(4) 防止 NO_x 溶于冷凝水, 需要加热烟道气;

II. NO_x 含量的测定

(5) NO 与过氧化氢在酸性溶液中发生氧化还原反应生成硝酸和水；

(6) 滴定操作主要用到铁架台、酸式滴定管、锥形瓶等；

(7) 滴定剩余 Fe²⁺时，消耗的 K₂Cr₂O₇ 的物质的量为 $c_2V_2 \times 10^{-3} \text{mol}$ ，则剩余的 Fe²⁺ 物质的量为 $6c_2V_2 \times 10^{-3} \text{mol}$ ，在所配制溶液中加入的 Fe²⁺ 物质的量为 $c_1V_1 \times 10^{-3} \text{mol}$ ，则与 NO₃⁻ 反应的 Fe²⁺ 物质的量 = $c_1V_1 \times 10^{-3} \text{mol} - 6c_2V_2 \times 10^{-3} \text{mol}$ ，则 VL 气样中氮元素

总物质的量 = $5 \times \frac{(c_1V_1 - 6c_2V_2) \times 10^{-3}}{3} \text{mol}$ ，计算氮元素含量，然后折算成二氧化氮的含量；

(8) 若没打开抽气泵，则系统中还存在有气样中的氮元素，导致吸收不完全，测定结果偏低，若 FeSO₄ 变质则会导致测定剩余亚铁离子偏低，使得即使所得到的氮素含量偏高；

【解答】解：I. 采样

(1) 第一步过滤器是为了除去粉尘，因此其中的无碱玻璃棉的作用是除尘，

故答案为：除尘；

(2) a. 碱石灰为碱性干燥剂，不能干燥酸性气体，故 a 不选；

b. 无水硫酸铜可用于检验是否含有水蒸气，干燥能力不强，故 b 不选；

c. 五氧化二磷是酸性干燥剂，可以干燥酸性气体，故 c 选；

故答案为：c；

(3) D 装置为吸收装置，用于吸收酸性气体，因此可以用氢氧化钠溶液，导气管应长进



短出，装置图为：



故答案为：

(4) 采样步骤②加热烟道气的目的是：为了防止 NO_x 溶于冷凝水，

故答案为：防止 NO_x 溶于冷凝水；

II. NO_x 含量的测定

(5) NO 与过氧化氢在酸性溶液中发生氧化还原反应, 反应的离子方程式为: $2\text{NO}+3\text{H}_2\text{O}_2=2\text{H}^++2\text{NO}_3^-+2\text{H}_2\text{O}$,

故答案为: $2\text{NO}+3\text{H}_2\text{O}_2=2\text{H}^++2\text{NO}_3^-+2\text{H}_2\text{O}$;

(6) 滴定操作主要用到铁架台、酸式滴定管、锥形瓶、其中玻璃仪器为酸式滴定管、锥形瓶,

故答案为: 酸式滴定管、锥形瓶;

(7) 滴定剩余 Fe²⁺时, 消耗的 K₂Cr₂O₇ 的物质的量为 $c_2V_2 \times 10^{-3}\text{mol}$, 则剩余的 Fe²⁺ 物质的量为 $6c_2V_2 \times 10^{-3}\text{mol}$, 在所配制溶液中加入的 Fe²⁺ 物质的量为 $c_1V_1 \times 10^{-3}\text{mol}$, 则与 NO₃⁻ 反应的 Fe²⁺ 物质的量 = $c_1V_1 \times 10^{-3}\text{mol} - 6c_2V_2 \times 10^{-3}\text{mol}$, 则 VL 气样中氮元素

总物质的量 = $5 \times \frac{(c_1V_1 - 6c_2V_2) \times 10^{-3}}{3}\text{mol}$,

则氮元素的总质量 = $\frac{230(c_1V_1 - 6c_2V_2)}{3}\text{mg}$,

气样中氮元素含量 = $\frac{23(c_1V_1 - 6c_2V_2)}{3V} \times 10^4\text{mg/m}^3$,

折合为 NO₂ 的含量 = $\frac{23 \times (c_1V_1 - 6c_2V_2)}{3V} \times 10^4\text{mg/m}^3$,

故答案为: $\frac{23 \times (c_1V_1 - 6c_2V_2)}{3V} \times 10^4$;

(8) 若没打开抽气泵, 则系统中还存在有气样中的氮元素, 导致吸收不完全, 测定结果偏低, 若 FeSO₄ 变质则会导致测定剩余亚铁离子偏低, 使得即使所得到的氮素含量偏高, 测定结果偏高,

故答案为: 偏低; 偏高。

【点评】 本题考查了物质性质实验验证、物质组成的含量测定方法、滴定实验的过程分析等知识点, 掌握基础是解题关键, 题目难度中等。

10. (14 分) CO₂ 是一种廉价的碳资源, 其综合利用具有重要意义, 回答下列问题:

(1) CO₂ 可以被 NaOH 溶液捕获。若所得溶液 pH=13, CO₂ 主要转化为 CO₃²⁻ (写离子符号); 若所得溶液 c(HCO₃⁻): c(CO₃²⁻) = 2: 1, 溶液 pH = 10。室温下,

H₂CO₃ 的 $K_1=4\times 10^{-2}$; $K_2=5\times 10^{-11}$)

(2) CO₂ 与 CH₄ 经催化重整, 制得合成气: $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2$

(g)

① 已知上述反应中相关的化学键键能数据如下:

化学键	C - H	C=O	H - H	$\text{C}\equiv\text{O}$ (CO)
键能/kJ·mol ⁻¹	413	745	436	1075

则该反应的 $\Delta H = +120\text{kJ/mol}$ 。分别在 $v\text{L}$ 恒温密闭容器 A (恒容)、B (恒压, 容积可变) 中, 加入 CH₄ 和 CO₂ 各 1 mol 的混合气体。两容器中反应达平衡后放出或吸收的热量较多的是 B (填 “A” 或 “B”)

② 按一定体积比加入 CH₄ 和 CO₂, 在恒压下发生反应, 温度对 CO 和 H₂ 产率的影响如图 1 所示。此反应优选温度为 900℃ 的原因是 900℃ 时合成气产率已经较高, 再升高温度产率增幅不大, 且升高温度耗能较大, 经济效益降低, 温度低时合成气产率降低且反应速率降低。

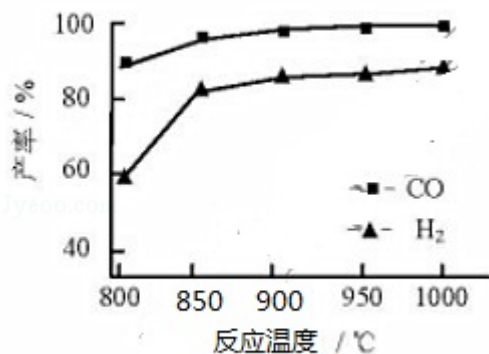


图1

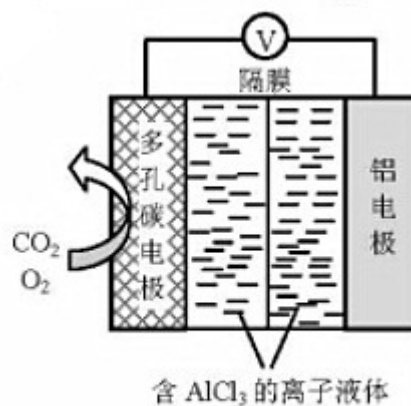


图2

(3) O₂ 辅助的 Al - CO₂ 电池工作原理如图 2 所示。该电池电容量大, 能有效利用 CO₂, 电池反应产物 Al₂(C₂O₄)₃ 是重要的化工原料。

电池的负极反应式: $\text{Al} - 3\text{e}^- = \text{Al}^{3+}$ 。

电池的正极反应式: $6\text{O}_2 + 6\text{e}^- = 6\text{O}_2^-$

$6\text{CO}_2 + 6\text{O}_2^- = 3\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 6\text{O}_2$

反应过程中 O₂ 的作用是 催化剂。

该电池的总反应式: $2\text{Al} + 6\text{CO}_2 = \text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 。

【考点】BH：原电池和电解池的工作原理；D5：弱电解质在水溶液中的电离平衡。

【专题】51G：电离平衡与溶液的 pH 专题；51I：电化学专题。

【分析】(1) $K_2 = \frac{c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-)} = 5 \times 10^{-11}$ ，则 $c(\text{H}^+) = \frac{K_2 \cdot c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})}$ ，当 $c(\text{HCO}_3^-)$

$= c(\text{CO}_3^{2-})$ ， $c(\text{H}^+) = 5 \times 10^{-11}$ ，pH 在 10.3，如果溶液的 pH=13，则 $c(\text{HCO}_3^-) \ll c(\text{CO}_3^{2-})$ ；

$K_2 = \frac{c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-)} = 5 \times 10^{-11}$ ，且所得溶液 $c(\text{HCO}_3^-) : c(\text{CO}_3^{2-}) = 2 : 1$ ，据此计算溶液 pH；

算溶液 pH；

(2) ①该反应的 $\Delta H =$ 反应物总键能 - 生成物总键能；该反应的正反应是气体物质的量增大的反应，增大压强平衡逆向移动，A 在反应过程中压强在不断增大、B 在反应过程中压强不变；

②900℃时合成气产率已经较高，再升高温度产率增幅不大，且升高温度耗能较大；

(3) 该原电池中 Al 作负极，失电子生成铝离子；

在正极的反应式中，在第一个反应中作反应物、在第二个反应中作生成物；

在得失电子相同条件下，正负极电极反应式相加即得电池反应式。

【解答】解：(1) $K_2 = \frac{c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-)} = 5 \times 10^{-11}$ ，则 $c(\text{H}^+) = \frac{K_2 \cdot c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})}$ ，当 c

$(\text{HCO}_3^-) = c(\text{CO}_3^{2-})$ ， $c(\text{H}^+) = 5 \times 10^{-11}$ ，pH 在 10.3，如果溶液的 pH=13，则 $c(\text{HCO}_3^-) \ll c(\text{CO}_3^{2-})$ ，所以该溶液中所含阴离子为 CO_3^{2-} ；

$K_2 = \frac{c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{H}^+)}{c(\text{HCO}_3^-)} = 5 \times 10^{-11}$ ，且所得溶液 $c(\text{HCO}_3^-) : c(\text{CO}_3^{2-}) = 2 : 1$ ， $c(\text{H}^+)$

$= \frac{K_2 \cdot c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 5 \times 10^{-11} \times 2 = 1 \times 10^{-10}$ ，pH=10，

故答案为： CO_3^{2-} ；10；

(2) ①该反应的 $\Delta H =$ 反应物总键能 - 生成物总键能 $= [4 \times 413 + 2 \times 745 - 2 \times 1075 - 2 \times 436] \text{kJ/mol} = +120 \text{kJ/mol}$

；该反应的正反应是气体物质的量增大的反应，增大压强平衡逆向移动，A 在反应过程中压强在不断增大、B 在反应过程中压强不变，所以 A 相当于 B 来说是增大压强，平衡逆向移动，所以 A 中反应物转化率小于 B，则两容器中反应达平衡后吸收的热量较多的

是 B,

故答案为: $+120\text{kJ/mol}$; B;

②根据图知, 900°C 时合成气产率已经较高, 再升高温度产率增幅不大, 且升高温度耗能较大, 经济效益降低, 温度低时合成气产率降低且反应速率降低,

故答案为: 900°C 时合成气产率已经较高, 再升高温度产率增幅不大, 且升高温度耗能较大, 经济效益降低, 温度低时合成气产率降低且反应速率降低;

(3) 该原电池中 Al 作负极, 失电子生成铝离子, 电极反应式为 $\text{Al} - 3\text{e}^- = \text{Al}^{3+}$;

在正极的反应式中, 在第一个反应中作反应物、在第二个反应中作生成物, 所以氧气在反应中作催化剂;

在得失电子相同条件下, 正负极电极反应式相加即得电池反应式,

电池反应式为 $2\text{Al} + 6\text{CO}_2 = \text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$,

故答案为: $\text{Al} - 3\text{e}^- = \text{Al}^{3+}$; 催化剂; $2\text{Al} + 6\text{CO}_2 = \text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ 。

【点评】 本题考查原电池原理、弱电解质的电离、化学平衡影响因素等知识点, 侧重考查学生图象分析、判断及计算能力, 明确化学反应原理及物质性质是解本题关键, 注意

(1) 题电离平衡常数的灵活运用, 题目难度中等。